

Relation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques des revêtements muraux intermédiaires en plaques de plâtre

INTRODUCTION

La SCHL a commandé un projet de recherche devant être mené en deux phases, lequel avait pour objet d'examiner la relation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques de différents produits en plaques de plâtre servant de revêtement mural intermédiaire (par ex., les revêtements en plaques de plâtre à poser du côté extérieur des murs extérieurs des bâtiments). Au chapitre des propriétés particulières que l'on a examinées figurent :

- l'hygroscopicité
- l'adhésion ou la délamination du matériau de revêtement (treillis de fibre de verre, papier traité ou non traité)
- la capacité du revêtement intermédiaire à résister à la pénétration des fixations
- résistance en flexion du revêtement intermédiaire, pour les besoins parasismiques de même qu'à titre de mesure de l'intégrité mécanique.

Au cours de la première phase des recherches, on a mouillé les produits en plaque de plâtre afin :

- d'établir une corrélation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques
- de déterminer les taux maximaux de teneur en eau des revêtements intermédiaires, comme c'est le cas dans le Code national du bâtiment pour le bois utilisé en construction.

La phase 1 comprenait également une évaluation de la précision des humidimètres portatifs servant à mesurer la teneur en eau des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre et la détermination de la teneur en eau à saturation des différents types de revêtements intermédiaires. Elle comprenait également des essais de validation visant à examiner la performance du revêtement intermédiaire en plaques de plâtre à pied d'œuvre sous des conditions ambiantes régulées.

La phase 2 des travaux avait pour objectif de déterminer si les propriétés mécaniques des plaques de plâtres pouvaient être rétablies par assèchement. Les échantillons de plaques de plâtre ont été mouillés selon différentes teneurs en eau, asséchés, puis mis à l'essai pour en déterminer la résistance en flexion ou la résistance à la pénétration des fixations. Les résultats obtenus avec les échantillons « mouillés » ont ensuite été comparés à ceux des échantillons « non mouillés ».

Plusieurs raisons militent en faveur d'une meilleure compréhension des propriétés mécaniques des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre, et à savoir dans quelle mesure ces propriétés varient avec la teneur en eau.

1. Bien que le revêtement intermédiaire en plaques de plâtre en soi ne fasse pas partie de la charpente du bâtiment à proprement parler, le Code national du bâtiment lui attribue des propriétés de résistance en cisaillement. La plupart des parements sont fixés aux composants structuraux du bâtiment, et ne tablent pas sur la résistance des plaques de plâtre pour soutenir le parement. Néanmoins, certains systèmes d'isolation des façades avec enduit (SIFE) adhèrent au revêtement mural intermédiaire, et ainsi, ce dernier peut jouer un rôle de maintien en place du parement dans le cas des bâtiments revêtus d'un SIFE.
2. Nombre de concepts comptent sur le revêtement intermédiaire pour soutenir une membrane pare-air, qu'elle soit autocollante (comme dans les régions climatiques littorales exposées à la pluie poussée par le vent) ou en polyoléfine filée-liée. Si le revêtement intermédiaire en plaques de plâtre perd son intégrité structurale, le pare-air ne se comportera comme prévu, ce qui pourrait engendrer d'importants dommages conséquents et une détérioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment.

3. On a rapporté des cas de défaillances de parement où les façades du bâtiment sont tombées dans la rue, ou sur une terrasse au rez-de-chaussée. Certaines de ces défaillances semblent être liées à des plaques de plâtre mouillées : le revêtement intermédiaire a retenu l'eau pendant une longue période, ce qui a accéléré la corrosion des fixations du parement. Le revêtement intermédiaire mouillé n'était pas suffisamment robuste pour résister à l'écrasement, ce qui fait que les fixations ont été soumises à des contraintes en cisaillement et des forces de rotation qui ont causé leur défaillance. Une meilleure compréhension des propriétés mécaniques du revêtement intermédiaire en plaques de plâtre, à savoir dans quelle mesure ces propriétés varient avec la teneur en eau, aiderait à prévenir des défaillances catastrophiques.

4. Une plaque de plâtre peut stocker une quantité considérable d'eau. La phase 1 de la présente étude a révélé qu'un échantillon de revêtement intermédiaire en plaques de plâtre, pouvait renfermer jusqu'à 200 % de son poids en eau. Cette situation peut provoquer des dommages aux composants sensibles à l'eau qui sont adjacents au revêtement intermédiaire (comme une ossature en bois ou en métal).

5. Les spécialistes en science du bâtiment qui mènent des investigations diagnostiques de bâtiments ont besoin de critères de performance précis contre lesquels évaluer l'état des assemblages existants. Certains praticiens ne réussissent pas à obtenir une assurance-responsabilité civile professionnelle s'il est question de moisissures.

Dans de tels cas, il pourrait être utile de formuler des critères de performance visant les matériaux de construction, qui ne sont pas liés à la formation de moisissures.

Pour la construction nouvelle, les concepteurs requièrent des façons de spécifier efficacement la performance attendue d'un revêtement intermédiaire en plaques de plâtre. La norme ASTM C1396 fournit une méthode de déterminer les niveaux de performance, mais les concepteurs ont besoin de savoir quand le matériau est devenu si mouillé qu'il ne satisfait plus aux critères.

MÉTHODE

Les essais ont été menés comme suit :

1. Des échantillons de revêtement intermédiaire en plaques de plâtre ont été obtenus de fournisseurs locaux, ce qui représente les matériaux habituellement offerts dans le commerce aux constructeurs. Voici les types d'échantillons obtenus :
 - Revêtement intermédiaire en plaques de plâtre de type extérieur de 12,7 mm (1/2 po) et de 15,9 mm (5/8 po) d'épaisseur (XGG)
 - Revêtement intermédiaire en plaques de plâtre à peau en fibre, de 12,7 mm (1/2 po) et de 15,9 mm (5/8 po) d'épaisseur (FFG).

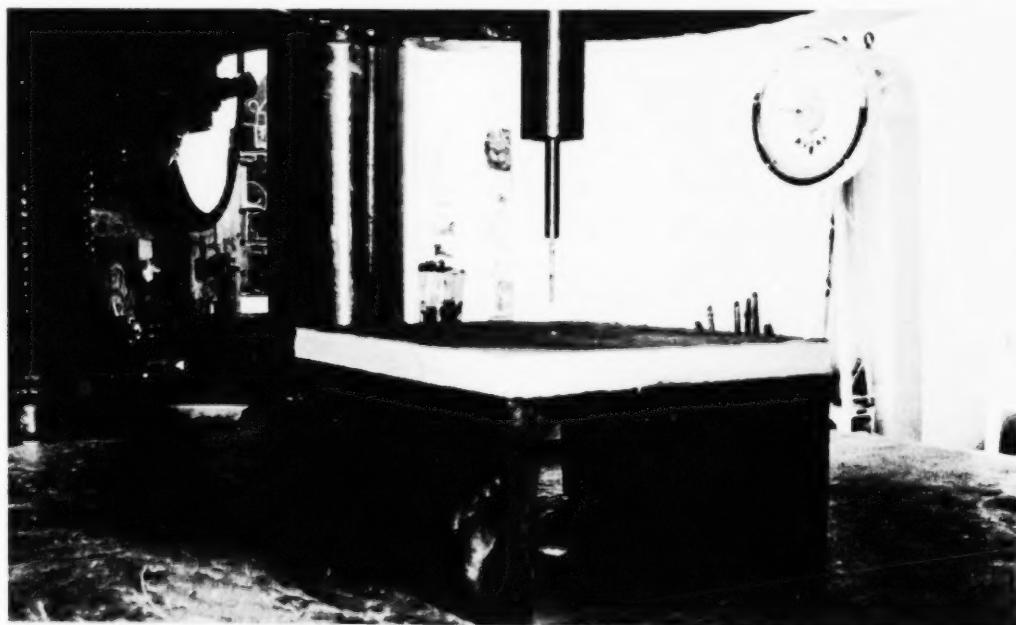


Figure 1A Appareillage d'essai de pénétration des fixations

Au cours de la phase 1, des plaques de plâtre courantes pour l'intérieur ont servi d'élément témoin. Les plaques de plâtre n'étaient pas comprises dans la phase 2, laquelle était axée sur la possibilité de rétablir les caractéristiques du revêtement intermédiaire en plaques de plâtre, une fois celles-ci mouillées. Afin d'atteindre des résultats comparables, on a obtenu les échantillons des mêmes fabricants pour les deux phases de l'étude.

2. Les échantillons ont été préparés suivant la norme C473 de l'ASTM.

Ils ont été initialement séchés au four afin d'obtenir leur poids sec normalisé (la teneur en eau est exprimée en fonction du poids sec), et de fournir des échantillons d'essai normalisés aux fins de comparaison avec la phase 2 subséquente. Les échantillons ont été asséchés à une température de 30 °C afin de prévenir la déshydratation du gypse, car il s'agit d'une molécule hydratée ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Les chercheurs ont utilisé un processus de séchage au four à basse température afin d'empêcher que la chaleur excessive ne détache la molécule d'eau hydratée, ce qui aurait modifié les propriétés des échantillons. Chaque échantillon a été retiré du four et pesé toutes les trois heures : lorsque le poids changeait de moins 0,02 %, l'échantillon était considéré comme ayant atteint un état stationnaire, et la valeur enregistrée à ce moment était considérée comme poids sec.

De l'eau a été ajoutée de manière à obtenir des échantillons présentant des teneurs en eau nominales prédéterminées de 1, 2, 4, 8 et 16 %. La teneur en eau réelle de chaque échantillon a été mesurée avant et après les essais.

On a conditionné les échantillons de manière à promouvoir la distribution uniforme de l'eau. Pour ce faire, on les a enrobés d'une feuille de plastique afin de réduire l'évaporation au minimum, et on les a retournés toutes les 24 heures. Les échantillons ont été conditionnés pendant deux semaines, afin d'atteindre le point d'équilibre hygroscopique dans chacun (ce processus n'est pas normalisé).

3. Les essais de pénétration des fixations et les essais en flexion

(montrés dans les figures 1A et 1B, respectivement) ont été menés sur les échantillons séchés au four et sur ceux à 1 % de teneur en eau, et sur la moitié des échantillons à 4, 8 et 16 % de teneur en eau. L'appareillage d'essai est censé reproduire les conditions qui mènent à la pénétration de la peau extérieure du revêtement intermédiaire en plaques de plâtre.

4. Au cours de la phase 2, certains échantillons mouillés à des teneurs en eau de 4, 8 et 16 % ont été asséchés au four, puis mis à l'essai pour déterminer leur résistance en flexion et leurs caractéristiques de pénétration des fixations. On a procédé ainsi afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle les propriétés mécaniques d'un revêtement intermédiaire en plaques de plâtre qui a été mouillé (en raison de l'exposition aux intempéries, à l'humidité de construction, à des fuites de plomberie, etc.) puissent être rétablies en l'asséchant.

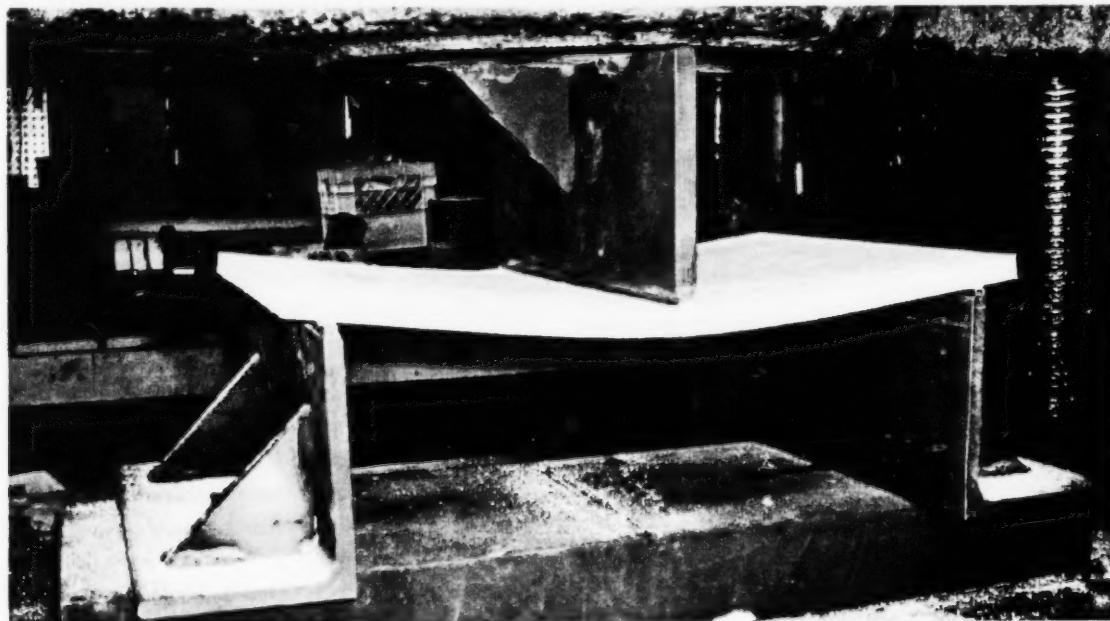


Figure 1B Appareillage d'essai de la résistance en flexion

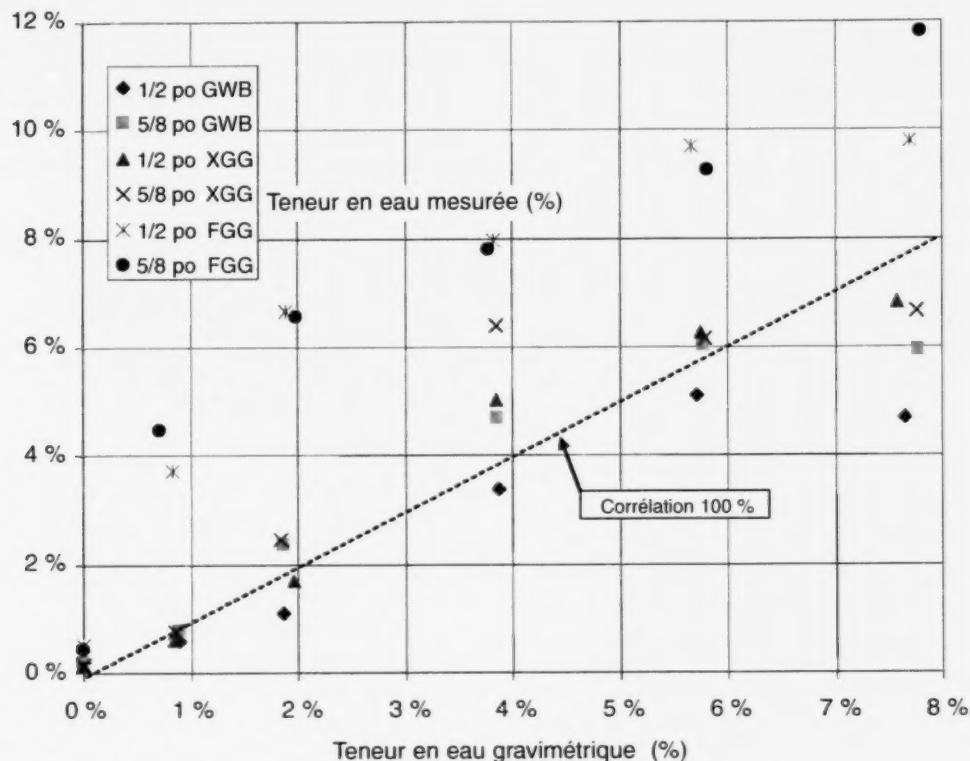


Figure 2 Précision des humidimètres

La phase 2 de l'étude a été conçue pour répondre à la question suivante : les propriétés mécaniques du revêtement intermédiaire reviennent-elles à leur ancien niveau (autrement dit, à celles mesurées sur les échantillons témoins séchés au four) une fois que l'échantillon a été ramené à la teneur en eau nominale « séchée au four »?

ANALYSE DES DONNÉES

La figure 2, tirée de la phase 1 de l'étude, montre la précision des humidimètres manuels quant à l'évaluation de la teneur en eau des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre. En règle générale, ces humidimètres sont précis jusqu'à une teneur en eau d'environ 6 % dans le cas des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre. Au-dessus de ce taux, les valeurs de teneurs en eau obtenues sont inférieures aux valeurs réelles. Les résultats révèlent également que les humidimètres donnent des valeurs qui sont de 3 à 3,4 % plus élevées que les valeurs gravimétriques pour les revêtements intermédiaires à peau en fibre, dans la gamme des teneurs en eau étudiées.

NOTA : Les échantillons étiquetés « GWB » s'entendent des plaques de plâtre d'intérieur, lesquelles ont été utilisées dans la phase 1 comme échantillon témoin.

En ce qui a trait au processus d'étalonnage des humidimètres, la résistivité électrique d'un échantillon normalisé de plaque de plâtre est mesurée à des teneurs en eau de 0 % et de 6,4 %, et on suppose une relation linéaire pour toutes les mesures entre ces points. Ainsi, la résistivité électrique mesurée d'un échantillon est comparée aux mesures d'extrémité par interpolation linéaire, afin de déterminer la teneur en eau présumée qui est affichée sur l'humidimètre (qu'il s'agisse d'une aiguille ou d'une lecture numérique).

Les résultats montrés dans la figure 2 indiquent que l'hypothèse de relation linéaire est raisonnable de 0 % à (environ) 6,4 % pour tous les spécimens. Même dans le cas de spécimens FFG, qui ont tendance à donner des lectures qui sont de 3 à 3,4 % plus élevées que la teneur en eau gravimétrique, la relation semble néanmoins linéaire. Au-dessus du seuil de 6 %, toutefois, l'hypothèse d'une relation linéaire ne semble plus tenir la route.

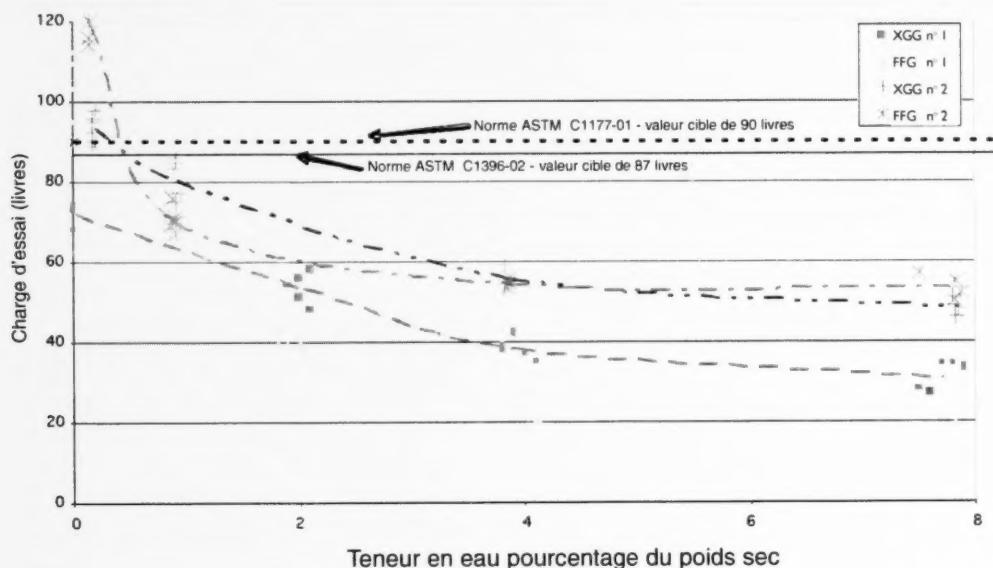


Figure 3 Essai de pénétration des fixations – plaques de plâtre de 15,9 mm (5/8 po)

La figure 3 présente les résultats des essais de pénétration des fixations menés dans l'étude de phase 2 (voir la figure 1A pour l'appareillage d'essai). Les échantillons portent la mention « plaques de plâtre pour usage extérieur (XGG), lesquelles sont revêtues d'une peau en papier résistant à l'humidité sur chacune des parois d'une âme en plâtre résistant à l'humidité, ou la mention « plaque de plâtre à peau en fibre » (FFG), lesquelles consistent en une peau en fibre posée de part et d'autre d'une âme en plâtre traité. Les chiffres qui se trouvent sur les étiquettes « XGG n° 1 » et « XGG n° 2 », comme montrée à la figure 3, renvoient aux échantillons qui ont été mis à l'essai dans la phase 1 ou 2 de l'étude (il en est de même pour les échantillons « FFG n° 1 » et « FFG n° 2 »).

Les valeurs cibles montrées dans la figure 3 sont définies dans la norme de l'ASTM à l'égard de ces matériaux : la norme C1177 énonce les critères de surcharge sur les échantillons de revêtement intermédiaire en plaques de plâtre pour usage extérieur, et il en est de même pour la norme C1396, en ce qui a trait au revêtement intermédiaire en plaques de plâtre à peau de fibre.

Les données tirées des phases 1 et 2 concordent assez bien, comme on peut le constater selon les courbes de tendance des deux groupes de données qui sont très semblables. Il y a également très peu de divergence entre chaque groupe d'échantillons. Les échantillons de la phase 2 semblent présenter des résultats d'essais légèrement supérieurs à ceux de la phase 1. Les données laissent entendre que les échantillons de 15,9 mm (5/8 po) d'épaisseur de type FFG et XGG répondraient aux critères de l'ASTM à une teneur en eau d'environ de 0,5 %.

CONCLUSIONS

Les revêtements intermédiaires en plaques de plâtre peuvent absorber presque leur propre poids en eau, et on a constaté que tous les échantillons se désagrègent à une valeur beaucoup plus faible de teneur en eau (5 %). Les résultats confirment qu'il existe une limite supérieure pratique à la quantité d'eau pouvant être absorbée par un revêtement intermédiaire en plaques de plâtre avant qu'il ne perde son intégrité structurale, et cette limite est atteinte bien avant saturation.

En règle générale, les humidimètres manuels sont suffisamment précis dans le cas des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre à peau en papier jusqu'à une teneur en eau d'environ 6 %, mais au-dessus de ce seuil, l'humidimètre donne une lecture inférieure à la valeur réelle. Les résultats indiquent également que les humidimètres donnent une lecture qui est de 3 à 3,4 % plus élevée que les valeurs gravimétriques dans le cas des plaques à peau en fibre (FFG), dans la plage des teneurs en eau étudiées. La teneur en eau varie considérablement dans le cas des échantillons GWB, mais beaucoup moins lorsqu'il s'agit des échantillons de type XGG et FFG. La vitesse d'absorption de l'eau dans les échantillons peut expliquer cette variation, bien que la nature de la redistribution de l'eau dans le plâtre n'ait pas été comprise dans la portée de cette recherche.

L'étude révèle qu'il existe une forte corrélation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques de différents types de revêtement intermédiaire en plaques de plâtre. Les essais de résistance en flexion et en pénétration des fixations selon les normes de l'ASTM laissent supposer que les propriétés des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre sont considérablement affaiblies lorsque la teneur passe de 0 à 2 %. Les propriétés mécaniques continuent de diminuer au-delà d'une teneur en eau de 2 %, mais à une vitesse moindre. Les essais de délamination de la peau révèlent qu'il se produit une semblable dégradation de performance, mais il semble raisonnable de faire appel à l'essai de pénétration des fixations pour caractériser l'adhésion de la peau sur ces produits.

L'exposition à des niveaux élevés d'humidité dans les constructions courantes engendre des teneurs en eau de l'ordre de 8 à 10 % dans les revêtements intermédiaires en plaques de plâtre, sans compter l'exposition directe à l'eau libre.

Ces résultats, mis ensemble, suggèrent qu'en règle générale, les propriétés mécaniques des revêtements intermédiaires en plaques de plâtre ne répondraient pas aux normes de l'ASTM (C1177 pour les plaques de plâtre pour usage extérieur, et C1396 pour les plaques de plâtre à peau en fibre) à des teneurs en eau supérieures à 1 %. Toutefois, on peut mettre en doute le fait que les normes de l'ASTM soient des indicateurs convenables de la performance en service (on trouve la même mention dans les normes en question), puisque certains échantillons mis à l'essai ne répondraient pas aux critères, même après avoir été séchés au four.

Lorsque ces échantillons ont été mouillés puis séchés, ceux qui étaient composés de plaques de plâtre à peau en fibre ont recouvré leur résistance en flexion initiale. Les plaques de plâtre pour usage extérieur ont recouvré environ 94 % de leurs caractéristiques mécaniques initiales, sauf dans le cas où l'adhésion de la peau en papier a été perdue (dans ce cas, la résistance en flexion a reculé à 66 % de sa valeur initiale). La résistance à la pénétration des fixations de tous les revêtements intermédiaires mis à l'essai n'a pas semblé être touchée par le mouillage une fois les échantillons séchés.

Fait intéressant, les revêtements intermédiaires en plaques de plâtre pour usage extérieur de 15,9 mm (5/8 po) ne se sont jamais asséchés complètement, et n'ont atteint qu'une teneur en eau de 1 %, même après plusieurs jours de séchage au four. En règle générale, les échantillons à peau en fibre semblent avoir pris moins de temps pour absorber l'eau jusqu'aux valeurs cibles et moins de temps pour s'assécher. Des moisissures se sont formées sur tous les échantillons recouverts de papier, mais non sur les échantillons à peau en fibre.

Conséquences pour le secteur de l'habitation

Les recommandations suivantes peuvent être formulées à partir des conclusions ci-dessus.

- Les humidimètres manuels conviennent pour mesurer la teneur en eau de revêtements intermédiaires en plaques de plâtre à peau en papier, dans la plage de performance normale de ces produits. Ces humidimètres se montrent enclins à donner des lectures élevées lorsqu'il s'agit de revêtements intermédiaires en plaques de plâtre à peau en fibre.
- En règle générale, les revêtements intermédiaires en plaques de plâtre que l'on se propose d'employer à l'extérieur, ne devraient pas être exposés à des sources d'humidité qui engendreraient une teneur en eau supérieure à 1 % dans le matériau (en pourcentage du poids sec).
- Les revêtements intermédiaires en plaques de plâtre qui affichent une teneur en eau qui excède 1 % peuvent être remis en état, dans une certaine mesure, si les plaques plâtre sont soigneusement asséchées en prenant soin de ne pas rompre le joint entre la peau extérieure et l'âme en plâtre.
- Les normes de l'ASTM pertinentes devraient être passées en revue afin de veiller à ce que les critères soient établis à des niveaux en fonction de la performance exigée à pied d'œuvre.

Le Point en recherche

Relation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques des revêtements muraux intermédiaires en plaques de plâtre

Directeur de projet : Silvio Plescia

Programme de subventions de recherche :

Relation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques
des revêtements muraux en plaques de plâtre

Rapport : Relation entre la teneur en eau et les propriétés mécaniques
des revêtements muraux en plaques de plâtre – phase deux

Consultants : Levelton Engineering Limited

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*,
le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre
de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du
logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer
sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre
connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez
notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7
Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

©2007, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL

23-03-07

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.